

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-195522

(43)Date of publication of application : 30.07.1996

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 06-296210

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 30.11.1994

(72)Inventor : KONDO MASAHICO
NIWA ATSUKO
UOMI KAZUHISA
SAGAWA MISUZU

(30)Priority

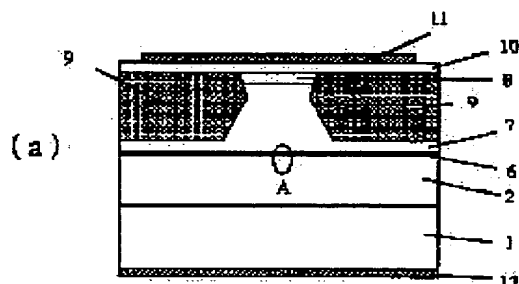
Priority number : 06281674 Priority date : 16.11.1994 Priority country : JP

(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a semiconductor laser for an optical communication in which the characteristics are not almost changed even if an environmental temperature is varied by using a material system in which electron confinement energy is sufficiently large.

CONSTITUTION: A semiconductor laser comprises an n-type GaP substrate 1, an n-type GaP clad layer 2, a single quantum well active layer 6 having optical guide layers 3, 5 and a GaNAs quantum well layer 4, and a p-type GaP clad layer 7. Thus, the laser for an optical communication which has excellent high-temperature operating characteristics in which T_0 in a range of 25 to 85° C exceeds 100K is provided.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(11)特許出願公開番号

特開平8-19522

(43)公開日 平成8年(1996)7月30日

技術表示箇所

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数26 OL (全 10 頁)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

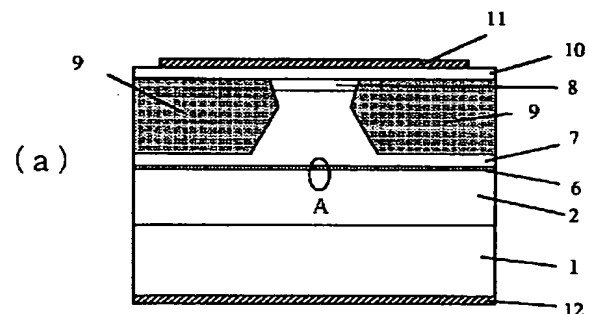
(57) 【要約】

【目的】 本発明は、 ΔE_c が十分に大きい材料系を使用する事により、環境温度が変化しても特性がほとんど変化しないの光通信用半導体レーザを提供することを目的とする。

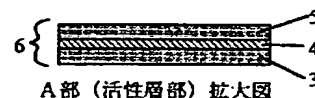
【構成】 n -GaP基板1、 n -GaPクラッド層2、光ガイド層3、5及びGaNA_s量子井戸層4から構成される単一量子井戸活性層6、 p -GaPクラッド層7により構成されている。

【効果】 本発明により、25℃から85℃の範囲におけるToが100Kを越える高温動作特性の優れた光通信用半導体レーザを提供することができる。

图 1



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】GaPまたはSi基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込めるクラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造を有する半導体レーザにおいて、温度特性を示す T_0 が100K以上であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】GaPまたはSi基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込めるクラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造を有する半導体レーザにおいて、活性層が量子井戸構造であり、電子を井戸層に閉じ込めるエネルギー(ΔE_c)が200meV以上であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】GaPまたはSi基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込めるクラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造を有する半導体レーザにおいて、共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも屈折率の高い領域を領域を有し、尚且つ上記活性層の少なくとも一部にNを含むIII-V族混晶半導体を用いられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】請求項1から3のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、レーザ光の波長が1.2 μ mより長波長であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】請求項1から3のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、レーザ光の波長が1.3 μ m帯または1.55 μ m帯にあることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項6】請求項3から5のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、上記Nを含むIII-V族混晶半導体が、GaNA_s、GaNP、GaNA_sP、及びGaInNPの群の中から選ばれる一つであることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項7】請求項3から6のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、活性層が量子井戸構造であり、井戸層にGaNA_sが、障壁層にGaNP、GaNA_sP、GaInNP及びSiの群の中から選ばれる少なくとも一つが用いられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項8】請求項1から7のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、クラッド層にGaP、GaNP、GaNA_sP、GaInNP及びAlGaPの群の中から選ばれる一つが用いられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項9】請求項1から8のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、光ガイド層を有していることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項10】請求項9に記載されている半導体レーザにおいて、上記光ガイド層に、GaNP、GaNA_sP、GaInNP及びSiの群の中から選ばれる一つが用いられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項11】請求項9に記載されている半導体レーザ

において、上記光ガイド層が、GaNPとGaNA_sが交互に積層された超格子であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項12】GaAs基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込めるクラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造を有する半導体レーザにおいて、上記共振器構造が上記基板上にエピタキシャル成長により形成されており、レーザ光の波長が1.2 μ mから1.6 μ mまでの範囲にあることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項13】請求項12に記載されている半導体レーザにおいて、レーザ光の波長が1.3 μ m帯または1.55 μ m帯にあることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項14】GaAs基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込めるクラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造を有する半導体レーザにおいて、上記活性層の少なくとも一部にNを含むIII-V族半導体を用いられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項15】請求項14に記載されている半導体レーザにおいて、レーザ光の波長が1.2 μ mよりも長波長であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項16】請求項14に記載されている半導体レーザにおいて、レーザ光の波長が1.3 μ m帯または1.55 μ m帯にあることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項17】請求項12から16のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、温度特性を示す T_0 が100K以上であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項18】請求項12から16のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、電子を閉じ込めるエネルギー(ΔE_c)が200meV以上であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項19】請求項14から18のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、上記Nを含むIII-V族半導体が、InGaNA_s、GaNA_sおよびGaNA_sSbの群の中から選ばれる一つであることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項20】請求項14から19のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、上記Nを含むIII-V族半導体のN組成が0.5以下であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項21】請求項12から20のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、式 $\Delta a/a = [\{ (N \text{ を含む III-V 族半導体の格子定数}) - (GaAs \text{ の格子定数}) \} / (GaAs \text{ の格子定数})] \times 100$ (%)で定義される値が、-0.5%から+1.5%の間であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項22】請求項12から21のいずれかに記載されている半導体レーザにおいて、上記活性層の少なくとも一部に、AlGaAs、GaAs、InGaP、及びInGaAsPの群の中から選ばれる一つが用いられ

ていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項23】請求項12から22のいずれか一に記載されている半導体レーザにおいて、上記活性層の少なくとも一部に、AlGaAs、GaAs、InGaP、及びInGaAsPの群の中から選ばれる二つで構成される超格子が用いられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項24】請求項12から23のいずれか一に記載されている半導体レーザにおいて、上記クラッド層に、InGaP、InGaAlP、及びAlGaAsの群の中から選ばれる一つが用いられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項25】請求項1から24のいずれか一に記載されている半導体レーザが、OMVPE法、ガスソースMBE法、またはCBE法により作製されることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項26】請求項1から25のいずれか一に記載されている半導体レーザにおいて、光通信システムの光源として使用されることを特徴とする半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体レーザに係り、特に、光通信システムにおける光源に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信システムでは、光ファイバーの特性から発光波長が1.3 μ m帯または1.55 μ m帯の光源が主として使用されている。それらの波長帯で実用化されている半導体レーザは、InP基板上に作製されたものであり、材料にInGaAsP混晶半導体を用いられている。それは、屈折率導波型構造及び量子井戸構造の採用により、非常に高性能となっている。しかし、一方で環境温度によりその特性が大きく変化する欠点を持っている。

【0003】その対策として、半導体レーザと温度を一定に保つ装置を組み合わせ使用している。しかし、この方法では光通信用モジュールが大掛かりとなり、消費電力も大きく、価格も高くなる。

【0004】最近、AlGaInAs混晶半導体を用いることにより高温温度特性を改善した光通信用半導体レーザが、ZahらによりIEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 30, pp. 511-523, 1994に報告された。環境温度が変化しても特性があまり変化しないので、温度を一定に保つ装置と組み合わせなくても使用できると記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】半導体レーザの特性が環境温度により大きく変化する主原因は、発光に寄与する電子の閉じ込めエネルギーが不十分な為である。伝導帯のバンド不連続(ΔE_c)即ち電子の閉じ込めエネル

ギーが小さいと、電子を発光部分に注入しても一部の電子が熱エネルギーにより発光部分から閉じ止め部分に溢れだし発光に寄与しなくなる。この発光に寄与しない電子の割合が環境温度により大きく変化するので、半導体レーザの特性も環境温度により大きく変化する。

【0006】上記のInGaAsP系半導体レーザでは ΔE_c が約100meVしかなく温度特性を示す T_0 が50K程度しかない。上記のAlGaInAs系半導体レーザでは ΔE_c が約150meVになり T_0 が80K程度まで改善されている。しかし、この改善された T_0 も150K以上の T_0 を有するGaAs基板上半導体レーザに比較すると不十分であり、更なる温度特性の改善が望まれている。

【0007】本発明の目的は、 ΔE_c が十分に大きい材料系を使用する事により、環境温度が変化しても特性がほとんど変化しないの半導体レーザを提供することである。特に、25℃から85℃の範囲における T_0 が100Kを越える高温動作特性の優れた光通信用半導体レーザを提供することである。

20 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的は、光を発生する活性層と光を閉じ込めるクラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造を有する半導体レーザにおいて、電子を活性層または活性層内の量子井戸層に閉じ込めるエネルギー(ΔE_c)を200meV以上にすることにより達成される。

【0009】詳言すれば、基板結晶にGaPまたはSiを用い、クラッド層にGaP、GaN_xP_{1-x}、Ga_xAs_{1-x}P、Ga_xIn_{1-x}N_xP_{1-x}及びAlGaPの群の中から選ばれるワイドギャップ半導体を用い、活性層の少なくとも一部にNを含むナロウギャップIII-V族半導体を用いることにより達成される。上記Nを含むIII-V族半導体は、Ga_xAs_{1-x}P、GaN_xP_{1-x}、Ga_xAs_{1-x}P_{1-x}、及びGa_xIn_{1-x}N_xP_{1-x}の群の中から選ばれることが好ましい。上記活性層は、井戸層にGa_xAs_{1-x}P、障壁層にGaN_xP_{1-x}、Ga_xAs_{1-x}P_{1-x}、Ga_xIn_{1-x}N_xP_{1-x}及びSiの群の中から選ばれる一つを用いた量子井戸構造であることが好ましい。上記半導体レーザには光ガイド層を設けることが望ましく、上記光ガイド層は、GaN_xP_{1-x}、Ga_xAs_{1-x}P_{1-x}、Ga_xIn_{1-x}N_xP_{1-x}及びSiの群の中から選ばれる一つであるか、又はGaN_xP_{1-x}とGa_xAs_{1-x}P_{1-x}が交互に積層された超格子であることが好ましい。

【0010】また、上記目的は、GaAs基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込めるクラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造を有する半導体レーザにおいて、上記活性層の少なくとも一部にNを含むIII-V族半導体を用いることによっても達成される。上記Nを含むIII-V族半導体は、InGa_xAs_{1-x}P_{1-x}、Ga_xAs_{1-x}P_{1-x}およびGa_xAs_{1-x}Sb_{1-x}の群の中から選ばれることが好ましく、N組成は0.5以下であることが好まし

い。更に、式 $\Delta a/a = \{ (N \text{を含むIII-V族半導体の格子定数}) - (GaAs \text{の格子定数}) \} / (GaAs \text{の格子定数}) \times 100 (\%)$ で定義される値が、 -0.5% から $+1.5\%$ の間であることが好ましい。上記活性層では、AlGaAs、GaAs、InGaP、及びInGaAsPの群の中から選ばれる一つ、もしくはその群の中から選ばれる二つで構成される超格子が、Nを含むIII-V族半導体と組合わされることが好ましい。上記クラッド層としては、InGaP、InGaAsP、及びAlGaAsの群の中から選ばれる一つが用

いられることが好ましい。
【0011】上記半導体レーザの構造として、共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも屈折率の高い領域を領域を有する屈折率導波型が望ましい。

【0012】上記半導体レーザは、OMVPE法、ガソソースMBE法、またはCBE法により作製できる。

【0013】上記半導体レーザは、光通信システムの光源として使用されることが望ましい。レーザ光の波長は $1.2\mu m$ より長波長であることが好ましく、特に $1.3\mu m$ 帯または $1.55\mu m$ 帯であることが好ましい。

【0014】

【作用】以下、本発明の作用について説明する。現在の高性能な光通信用半導体レーザでは量子井戸構造の採用が必須となっている。従来材料系と本発明の材料系で作製した単一量子井戸構造のエネルギー準位の例を図2に示す。図2(a)の量子井戸構造は、井戸層にInGaAsP、障壁層にはクラッド層と同じInPを用いてInP基板上に作製される。他方図2(b)の量子井戸構造は、井戸層にGaNA s、障壁層にはクラッド層と同じGaPを用いてGaP基板上に作製される。ここでは、井戸層の膜厚を $7nm$ とし、量子準位間での発光が波長 $1.3\mu m$ となる様に井戸層の混晶組成を選んだ。尚、GaNA sは圧縮応力下にあるが、その厚さは臨界膜以下なので結晶欠陥は発生しない。

【0015】従来材料のInGaAsP系では、もともとバルクの ΔEc が $150meV$ と小さい。量子構造では電子の準位が上昇するので実質的 ΔEc が $126meV$ と更に小さくなる事が図2(a)より分かる。量子井戸半導体レーザでは、量子井戸層の層厚が非常に薄いため井戸層だけではレーザ光を十分に閉じ込めることが出来なく、光ガイド層を別に設けなければならない。(クラッド層に隣接する障壁層の厚さを増大させてレーザ光を閉じ込めることも可能であるが、この障壁層は光ガイド層に他ならない。)障壁層のバンドギャップは光ガイド層のバンドギャップと同等かそれ以下でなければならないので、障壁層のバンドギャップはクラッド層のバンドギャップよりもかなり小さく設定せざるをえない。従って、 ΔEc はさらに小さくなり、上述したようにInGaAsP系では $100meV$ 程度まで低下してしまう。

【0016】一方、図2(b)のGaPとGaNA sの組み合わせは、量子井戸構造でも実質的 ΔEc が $1000meV$ 以上になる。たとえ、障壁層のバンドギャップをGaPとGaNA sの中間値としても、 ΔEc は $500meV$ 以上になる。

【0017】ここまでの説明では、電子の閉じ込めについてのみ議論してきたが、半導体レーザでは正孔の閉じ込めも重要である。しかし、従来材料系でも本発明の材料系でも正孔の閉じ込めは十分であり、価電子帯のバンド不連続(ΔEv)は半導体レーザの特性にほとんど影響しないことが図2より分かる。従って、今後も電子の閉じ込めについてのみ議論する。

【0018】上述のとおり、 ΔEc の不足は半導体レーザの温度特性を悪化させる。図3に、 ΔEc と To の関係を示す。同図より、 ΔEc が $300meV$ 以上のとき、 To の値が飽和し、電子を完全に閉じ込める事が可能になることが分かる。その場合、 $180K$ 程度の To が期待できる。本発明の材料系では ΔEc が $200meV$ 以上になるので、 $100K$ 以上の To が十分期待できる。一方、図3より、従来材料のInGaAsP系及びAlGaInAs系では、 $100K$ 以上の To は期待できないことも分かる。

【0019】本発明でこの様に ΔEc を大きくできるのは、材料にワイドギャップIII-V半導体とナローギャップN系V族混晶とを組み合わせたからである。陰元素がNと他のV族元素の混合よりなるN系V族混晶のバンドギャップの非線形因子は非常に大きく、同じ格子定数を有する従来のIII-V半導体と比べて非常に小さなバンドギャップになる。本発明の活性層のバンドギャップは、 0 から $2.0eV$ までの非常に大きな範囲を占める。従って、発光波長は $0.6\mu m$ 以上の長波長を全てカバーする。 $1.1\mu m$ 以下の波長域ではGaAs基板上の半導体レーザの温度特性が良い為、本発明は $1.2\mu m$ 以上の長波長域の半導体レーザに於て効果が大きい。即ち、本発明は、 $1.3\mu m$ 帯及び $1.55\mu m$ 帯またはそれ以上の超長波帯に於て効果が大きい。

【0020】本発明では、ワイドギャップIII-V半導体を用いる事から、格子定数の小さいGaP、SiまたはGaAsを基板結晶として用いる事が望ましい。特に、GaAsを基板結晶として用いる場合は、活性層の材料としてInGaNA sを用いる事ができ基板結晶との格子不整合度を少なくできる。図4に、 $In(x)Ga(1-x)N(y)As(1-y)$ における混晶組成と格子歪およびバンドギャップの関係を表す。

【0021】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1及び図5~10を用いて説明する。

【0022】[実施例1]第1の実施例は、本発明をn型GaP基板上 $1.3\mu m$ 帯逆メサ構造屈折率導波型半導体レーザに適用したものである。以下、図1を用いて

説明する。図1(a)は、断面構造を、図1(b)は活性層の拡大図を示している。次に、素子の作製方法について述べる。n型(100)GaP基板1上に、n-GaPクラッド層(d(層厚)=1 μ m、E_g(バンドギャップ)=2.2eV)2、3nm厚のGaNPと1nm厚のGaNA_sを交互に25回積層した応力補償型超格子光ガイド層(d=100nm、E_g=1.8eV)3及び5とGaNA_s井戸層(d=7nm、E_g=0.8eV)4から構成される歪量子井戸活性層6、p-GaPクラッド層(d=2 μ m、E_g=2.2eV)7、p-GaPキャップ層8をCBE法により順次形成する。n型ドーパントとしてはSiを、p型ドーパントとしてはCを用いた。本量子井戸活性層の ΔE_c は約600meVである。次に、酸化膜をマスクにホットエッチング工程により、図1(a)に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウェット、RIE、RIBE、イオンミリング等、方法を問わない。エッチングはp-GaPクラッド層7の途中で止まるようにする。このときのリッジ幅は1~15 μ mとする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図1に示すようにn-GaP電流狭窄層9をCBE法により形成する。その後成長炉からウエファを取りだし、エッチングにより選択成長マスクとして用いた酸化膜を除去する。その後、p-GaPコンタクト層10をCBE法により形成する。p側電極11、n側電極12を形成した後、劈開法により共振器長約900 μ mのレーザ素子を得た。この後、素子の前面に $\lambda/4$ (λ :発振波長)の厚みのSiO₂による低反射膜を、素子の後面にSiO₂とa-Siからなる4層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子はリッジ幅3 μ mの素子で、しきい値電流約10mAで室温連続発振し、その発振波長は約1.3 μ mであった。また、25℃から85℃の範囲におけるT₀は180Kであった。

【0023】なお、上述した超格子光ガイド層をGaNPAs4元混晶層としてもよい。

【0024】[実施例2]第2の実施例は、本発明をn型Si基板上1.55 μ m帯順メサ構造屈折率導波型半導体レーザに適用したものである。以下、図5を用いて説明する。図5(a)は、断面構造を、図5(b)は活性層の拡大図を示している。次に、素子作製方法について述べる。n型(511)Si基板13上に、Siバッファ層14、Si基板に格子整合したn-GaNPクラッド層(d=2 μ m、E_g=1.9eV)15、Si障壁層(d=10nm、E_g=1.1eV)17、19、21及び23とGaNA_s井戸層(d=7nm、E_g=0.7eV)18、20及び22、及びGaInNP光ガイド層(d=40nm、E_g=1.5eV)16及び24とから構成される歪多重量子井戸活性層25、Si

基板に格子整合したp-GaNPクラッド層(d=2 μ m、E_g=1.9eV)26、p-GaPキャップ層27をガスソースMBE法により順次形成する。n型ドーパントとしてはSiを、p型ドーパントとしてはBeを用いた。本量子井戸活性層の ΔE_c は約200meVである。次に、酸化膜をマスクにホットエッチング工程により、図5(a)に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウェット、RIE、RIBE、イオンミリング等、方法を問わない。このときのリッジ幅は1~15 μ mとする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を除去した後、SiO₂酸化膜の電流狭窄層28を形成する。その後、p側電極11、n側電極12を形成した後、劈開法により共振器長約900 μ mのレーザ素子を得た。この後、素子の前面に $\lambda/4$ (λ :発振波長)の厚みのAl₂O₃(アルミナ)による低反射膜を、素子の後面にSiO₂とa-Siからなる4層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を上にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子はリッジ幅3 μ mの素子で、しきい値電流約10mAで室温連続発振し、その発振波長は約1.55 μ mであった。また、25℃から85℃の範囲におけるT₀は130Kであった。

【0025】[実施例3]第3の実施例は、本発明をp型Si基板上1.3 μ m帯分布帰還型半導体レーザに適用したものである。

【0026】以下、図6を用いて説明する。図6(a)は、断面構造を、図6(b)は(a)のA-A'線光軸方向断面図を示している。次に、素子作製方法について述べる。p型(111)Si基板29上に、p-GaNPクラッド層(d=2 μ m、E_g=1.9eV)30をCBE法により成長した後、回折格子31を形成する。その後、p-GaInNP光ガイド層(d=100nm、E_g=1.6eV)31、GaNA_s歪量子井戸活性層(d=7nm、E_g=0.8eV)33、n-GaNPクラッド層(d=0.4 μ m、E_g=1.9eV)34を、OMVPE法により順次形成する。n型ドーパントとしてはSeを、p型ドーパントとしてはZnを用いた。本量子井戸活性層の ΔE_c は約500meVである。

【0027】CVD法によりSiO₂膜を被着しホトリソ工程を経た後、SiO₂膜をマスクとしてウェットエッチングにより図中に示されるような変曲点の無い滑らかな側面を有するメサストライブを形成する。また活性層幅は1.3~1.8 μ m、メサ深さは2.5~3.7 μ mである。次に、SiO₂膜を被着したまま、OMVPE法により、メサストライブの側面をp-GaNP埋込層(層厚0.5~1 μ m)35、n-GaNP埋込層(層厚0.5~1 μ m)36、p-GaNP埋込層(層厚1~3 μ m)37、n-GaNP層(層厚0.5 μ m)38で埋め込む。以上のようにして埋め込んだ構造においては、リ

ーク電流の要因であるn-n接続の無い理想的なブロック層構造となる。また、n-GaN層38はp-n接合と再成長界面を分離するために設けたもので、本発明においては特に挿入を限定されるものではない。

【0028】次に、SiO₂膜を除去した後、OMVPE成長法によりn-GaN平坦化層(層厚2μm)39、n-GaPキャップ層(層厚0.3μm)40で平坦に埋め込む。SiNxの電流狭窄層41形成した後、n電極12、p電極11を蒸着により形成し素子化を行った。その後、共振器長150~400μmに劈開し、前端面に反射率1%の低反射率膜、後端面に反射率80%の高反射率膜を施した。

【0029】その後、素子を接合面を上にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子は、しきい値電流約10mAで室温連続発振し、その発振波長は約1.3μmであった。また、25℃から85℃の範囲におけるT₀は150Kであった。

【0030】[実施例4]第4の実施例は、本発明をn型GaAs基板上1.3μm帯利得導波型半導体レーザに適用したものである。以下、図7を用いて説明する。図7(a)は、断面構造を、図7(b)は活性層の拡大図を示している。次に、素子の作製方法について述べる。n-GaAs基板101上に、GaAsバッファ層102、n-Al(0.4)Ga(0.6)Asクラッド層103、Al(0.2)Ga(0.8)As障壁層(層厚100nm)110及び112とIn(0.08)Ga(0.92)N(0.03)As(0.97)井戸層(層厚10nm)111から構成される無歪単一量子井戸活性層104、p-Al(0.4)Ga(0.6)Asクラッド層105、p-GaAsキャップ層106を、ガスソースMBE法により順次形成する。n型ドーパントとしてはSiを、p型ドーパントとしてはBeを用いた。次に、図7(a)に示すようにSiNx窒化膜を堆積し、電流狭窄層107を形成する。p側電極108、n側電極109を形成した後、劈開法により共振器長約400μmのレーザ素子を得た。この後、素子の前面にλ/4(λ:発振波長)の厚みのSiO₂による低反射膜を、素子の後面にSiO₂とa-Siからなる4層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子はストライプ幅5μmの素子で、しきい値電流約50mAで室温連続発振し、その発振波長は約1.3μmであった。また、25℃から85℃の範囲におけるT₀は140Kであった。

【0031】[実施例5]第5の実施例は、本発明をn型GaAs基板上1.3μm帯逆メサ構造屈折率導波型半導体レーザに適用したものである。以下、図8を用いて説明する。図8(a)は、断面構造を、図8(b)は活性層の拡大図を示している。次に、素子の作製方法について述べる。n-GaAs基板101上に、GaAs

バッファ層102、GaAs基板に格子整合したn-InGaPクラッド層121、1nm厚のInGaPと1nm厚のGaAsを交互に50回積層した超格子障壁層(層厚100nm)128及び130とIn(0.20)Ga(0.80)N(0.02)As(0.98)井戸層(層厚7nm)129から構成される歪量子井戸活性層122、GaAs基板に格子整合したp-InGaPクラッド層123、p-GaAs光導波路層124、GaAsに格子整合したp-InGaPクラッド層125、p-GaAsキャップ層126をOMVPE法により順次形成する。この時の、InGaAs歪量子井戸層の歪量は+1%である。n型ドーパントとしてはSeを、p型ドーパントとしてはZnを用いた。次に、酸化膜をマスクにホットエッチング工程により、図8(a)に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウエット、RIE、RIE、イオンミリング等、方法を問わない。エッチングはp-GaAs光導波路層124を完全に除去し、且つ歪量子井戸活性層122に達しないようにp-InGaPクラッド層123の途中で止まるようにする。このときのリッジ幅は1~15μmとする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図8に示すようにn-InGaP電流狭窄層127をOMVPE法により選択成長する。その後成長炉からウエファを取りだし、エッチングにより選択成長マスクとして用いた酸化膜を除去する。その後、p-GaAsコンタクト層106をOMVPE法により形成する。p側電極108、n側電極109を形成した後、劈開法により共振器長約900μmのレーザ素子を得た。この後、素子の前面にλ/4(λ:発振波長)の厚みのSiO₂による低反射膜を、素子の後面にSiO₂とa-Siからなる4層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子はリッジ幅3μmの素子で、しきい値電流約10mAで室温連続発振し、その発振波長は約1.3μmであった。また、25℃から85℃の範囲におけるT₀は150Kであった。

【0032】なお、上述した超格子障壁層をInGaAsP4元混晶層としてもよい。更に、InGaPクラッド層をInGaAlPクラッド層としてもよい。

【0033】[実施例6]第6の実施例は、本発明をn型GaAs基板上1.55μm帯順メサ構造屈折率導波型半導体レーザに適用したものである。以下、図9を用いて説明する。図9(a)は、断面構造を、図9(b)は活性層の拡大図を示している。次に、素子作製方法について述べる。n-GaAs基板101上に、GaAsバッファ層102、GaAs基板に格子整合したn-InGaPクラッド層121、GaAs障壁層(層厚10nm)132、134、136及び138とIn(0.15)Ga(0.85)N(0.03)As(0.9

7) 井戸層(層厚7nm)133、135及び137、及びAl(0.1)Ga(0.9)As光ガイド層(層厚40nm)131及び139とから構成される歪多重量子井戸活性層130、GaAs基板に格子整合したp-InGaPクラッド層123、p-GaAsキャップ層106をCBE法により順次形成する。この時の、InGaNA歪量子井戸層の歪量は+0.5%である。n型ドーパントとしてはSiを、p型ドーパントとしてはCを用いた。次に、酸化膜をマスクにホトエッチング工程により、図9(a)に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウエット、RIE、RIBE、イオンミリング等、方法を問わない。このときのリッジ幅は1~15 μ mとする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を除去した後、SiO₂酸化膜の電流狭窄層107を形成する。その後、p側電極108、n側電極109を形成した後、劈開法により共振器長約900 μ mのレーザ素子を得た。この後、素子の前面に $\lambda/4$ (λ :共振波長)の厚みのAl₂O₃(アルミナ)による低反射膜を、素子の後面にSiO₂とa-Siからなる4層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を上にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子はリッジ幅3 μ mの素子で、しきい値電流約10mAで室温連続発振し、その発振波長は約1.55 μ mであった。また、25℃から85℃の範囲におけるT₀は150Kであった。

【0034】なお、上述した実施例の光ガイド層の組成を連続的もしくは段階的に変化させたGRIN(Graded Index)構造としてもよい。

【0035】[実施例7]第7の実施例は、本発明をp型GaAs基板上1.3 μ m帯分布帰還型半導体レーザに適用したものである。以下、図10を用いて説明する。図10(a)は、断面構造を、図10(b)は(a)のA-A'線光軸方向断面図を示している。次に、素子作製方法について述べる。p-GaAs基板141上に、p-Al(0.4)Ga(0.6)Asクラッド層(層厚1.5 μ m)142をCBE法により成長した後、回折格子143を形成する。その後、p-Al(0.2)Ga(0.8)As光ガイド層(層厚100nm)144、GaN(0.03)As(0.82)Sb(0.15)無歪活性層(層厚50nm)145、n-Al(0.4)Ga(0.6)Asクラッド層(層厚0.4 μ m)146を、CBE法により順次形成する。

【0036】CVD法によりSiO₂膜を被着しホトリソ工程を経た後、SiO₂膜をマスクとしてウェットエッチングにより図中に示されるような変曲点の無い滑らかな側面を有するメサストライプを形成する。また活性層幅は1.3~1.8 μ m、メサ深さは2.5~3.7 μ mである。次に、SiO₂膜を被着したまま、OMVPE法により、メサストライプの側面をp-Al(0.4)Ga(0.6)As埋込層147(層厚0.5~1 μ

m)、n-Al(0.4)Ga(0.6)As埋込層148(層厚0.5~1 μ m)、p-Al(0.4)Ga(0.6)As埋込層149(層厚1~3 μ m)、n-Al(0.4)Ga(0.6)As層150(層厚0.5 μ m)で埋め込む。以上のようにして埋め込んだ構造においては、リーク電流の要因であるn-n接続の無い理想的なブロック層構造となる。また、n-AlGaAs層150はp-n接合と再成長界面を分離するために設けたもので、本発明においては特に挿入を限定されるものではない。

【0037】次に、SiO₂膜を除去した後、OMVPE成長法によりn-Al(0.4)Ga(0.6)As平坦化層151(層厚2 μ m)、n-GaAsキャップ層152(層厚0.3 μ m)で平坦に埋め込む。SiO₂の電流狭窄層107形成した後、n電極109、p電極108を蒸着により形成し素子化を行った。その後、共振器長150~400 μ mに劈開し、前端面に反射率1%の低反射率膜、後端面に反射率80%の高反射率膜を施した。

【0038】その後、素子を接合面を上にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子は、しきい値電流約10mAで室温連続発振し、その発振波長は約1.3 μ mであった。また、25℃から85℃の範囲におけるT₀は120Kであった。

【0039】上記実施例1から7より、本発明は半導体レーザの構造、基板の面方位、基板の伝導型、ドーパントの元素、及び結晶成長の方法に依存しないことが分かる。

【0040】

【発明の効果】本発明により、25℃から85℃の範囲におけるT₀が100Kを越える高温動作特性の非常に優れた光通信用半導体レーザを提供することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1の実施例を示した図。

【図2】従来材料と本発明の材料のバンドラインナップを表した図。

【図3】 ΔE_c とT₀の関係を示した図。

【図4】In(x)Ga(1-x)N(y)As(1-y)における混晶組成と格子歪およびバンドギャップの関係を表した図。

【図5】本発明による第2の実施例を示した図。

【図6】本発明による第3の実施例を示した図。

【図7】本発明による第4の実施例を示した図。

【図8】本発明による第5の実施例を示した図。

【図9】本発明による第6の実施例を示した図。

【図10】本発明による第7の実施例を示した図。

【符号の説明】

- 1 n-GaP基板
- 2 n-GaPクラッド層
- 3、5 光ガイド層

10

20

30

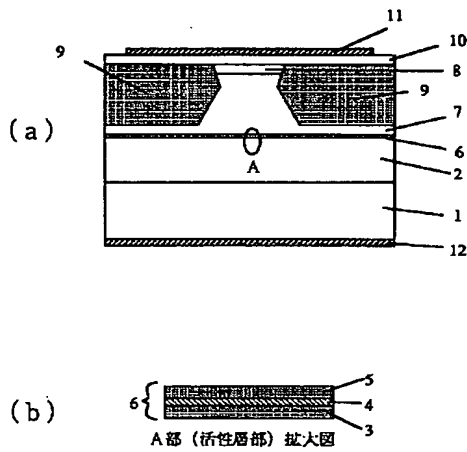
40

50

- 13
4 GaNAs 井戸層
6 単一量子井戸活性層
7 p-GaP クラッド層

【図1】

図 1

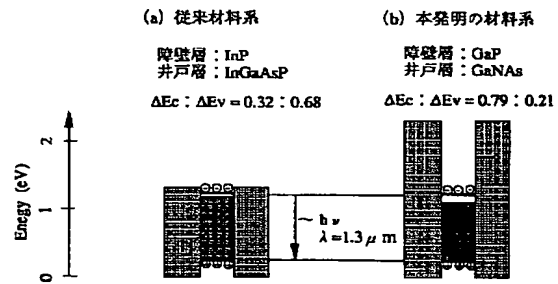


(8)

- 14
* 8 p-GaP キャップ層
9 n-GaP 電流狭窄層
* 10 p-GaP コンタクト層。

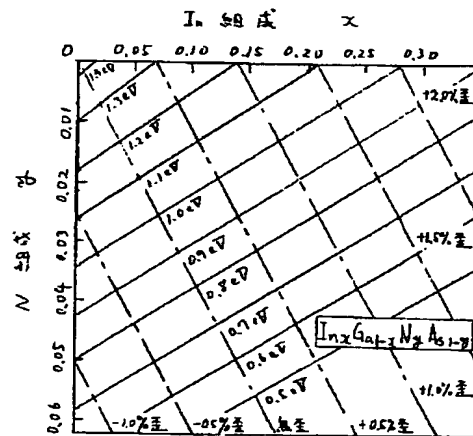
【図2】

図 2



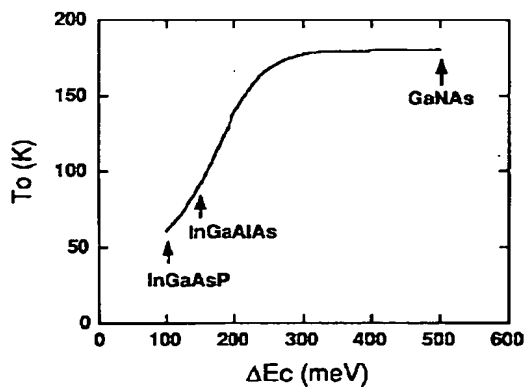
【図4】

図 4



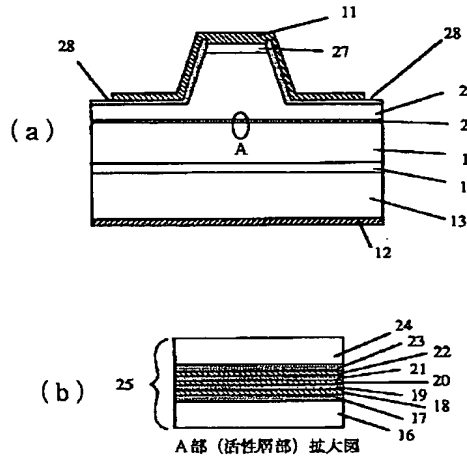
【図3】

図 3



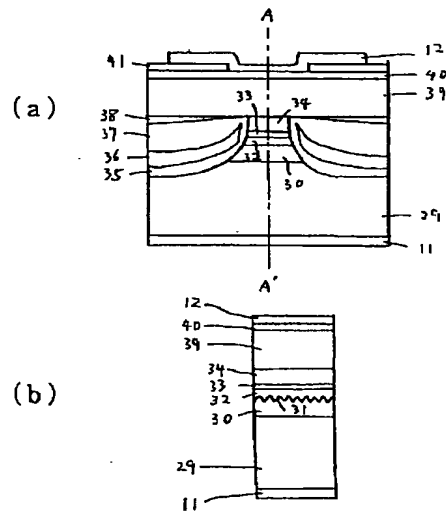
【図5】

図 5



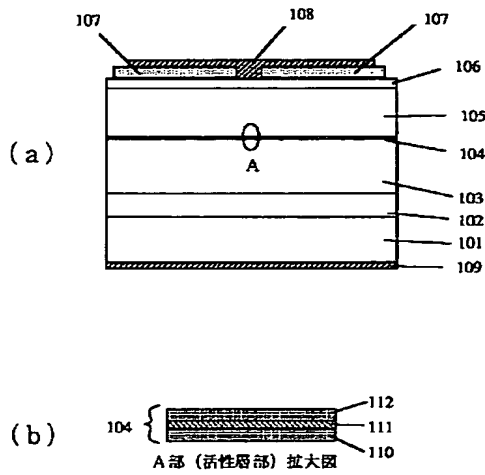
【図6】

図 6



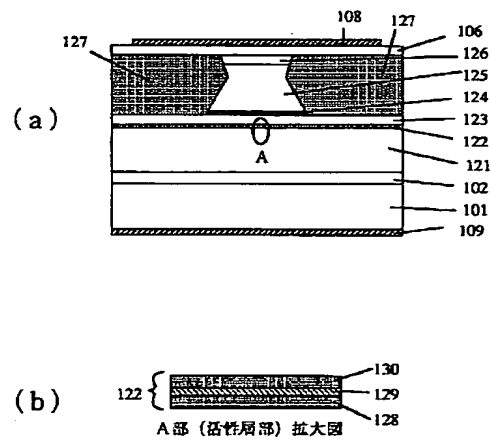
【図7】

図 7



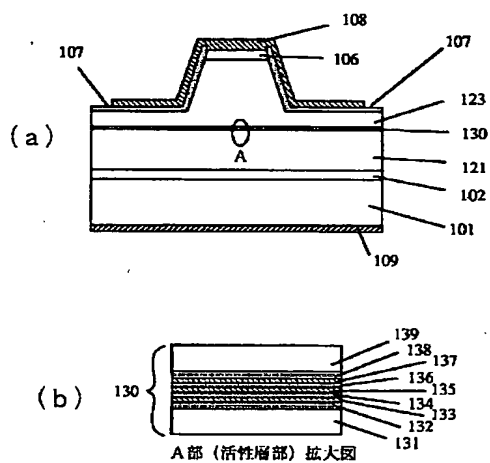
【図8】

図 8



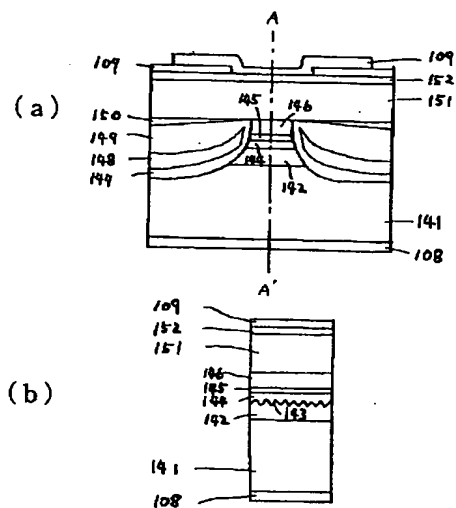
【図9】

図 9



【図10】

図 10



フロントページの続き

(72)発明者 佐川 みすず
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内